

**Suction pressure regulation method for membrane or piston pump**

**Patent number:** DE19816241  
**Publication date:** 1999-10-28  
**Inventor:** LACHENMANN RUDOLF (DE); ECKLE FRANZ JOSEF (DE)  
**Applicant:** VACUUBRAND GMBH & CO (DE)  
**Classification:**  
- international: **F04B49/06; F04B49/06;** (IPC1-7): F04B49/00; F04B49/06  
- european: F04B49/06C  
**Application number:** DE19981016241 19980411  
**Priority number(s):** DE19981016241 19980411

**Report a data error here**

**Abstract of DE19816241**

The suction pressure regulation method is used for a pump with a variable drive regulated depending on the suction pressure or a given control signal, with measurement of the pressure or the control signal for different drive revolutions, for determining a minimal value for the suction pressure with the least end vacuum and subsequent adjustment of the drive to the corresponding optimal revolutions. An Independent claim for a membrane or piston pump, or a combined membrane/piston pump is also included.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 16 241 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 04 B 49/00  
F 04 B 49/06

21 Aktenzeichen: 198 16 241.3-15  
22 Anmeldetag: 11. 4. 98  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 10. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Vacuubrand GmbH + Co, 97877 Wertheim, DE

74 Vertreter:  
Meyer-Graf von Roedern, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anw., 69115 Heidelberg

72 Erfinder:  
Lachenmann, Rudolf, Dr., 97877 Wertheim, DE;  
Eckle, Franz Josef, Dr., 97877 Wertheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 38 28 608 A1

54 Membran- oder Kolbenpumpe oder kombinierte Membran-/Kolbenpumpe mit Einrichtung zur  
druckabhängigen Reduzierung der Schöpfraumvergrößerungsgeschwindigkeit

57 Regelung des Ansaugdrucks einer Membran- oder Kol-  
benpumpe oder kombinierten Membran-/Kolbenpumpe  
mit einem drehzahlvariablen Antrieb dergestalt, daß un-  
terhalb eines vorgegebenen Ansaugdrucks die Drehzahl  
des Antriebs selbständig variiert wird. Die Druck- und  
Drehzahlwertepaare in diesem Bereich werden gemessen  
und gespeichert. Es wird ein Minimalwert des Ansaug-  
drucks ermittelt, und es wird die Drehzahl des Antriebs  
auf die zugehörige optimale Drehzahl eingestellt.

DE 198 16 241 C 1

DE 198 16 241 C 1

Bei mechanischen Vakuumpumpen wird das erreichbare Endvakuum (Enddruck) im Allgemeinen bestimmt durch das Verhältnis von effektivem Schöpfraumvolumen zu interner Rückströmung und innerer oder äußerer Leckrate. Dies gilt z. B. für ölgedichtete Drehschieberpumpen, Turbomolekularpumpen oder Roots-pumpen, also Pumpen völlig unterschiedlicher Bauart ("Foundations of Vacuum Science and Technology" edited by James M. Lafferty, John Wiley & Sons, Inc., 1. Auflage, New York 1998, S. 165 (Roots) und S. 233 ff). Bei diesen Pumpen kann durch eine Erhöhung des nominellen Saugvermögens (Schöpfraumvolumen  $\times$  Zyklusfrequenz) durch eine entsprechende Drehzahlerhöhung nicht nur eine Verbesserung des effektiven Saugvermögens, sondern i. d. R. auch eine Verbesserung des Endvakuums erreicht werden, dadurch, daß bei unveränderter Leckrate bzw. Rückströmung das effektive Saugvermögen in erster Näherung proportional zur Umdrehungszahl zunimmt.

Das entsprechende Verhalten würde man auch für die in den letzten Jahren vor allem im Laborbereich und als Vorpumpen für Turbomolekularpumpen immer häufiger genutzten Membran- oder Kolbenpumpen erwarten. Tatsächlich aber findet man bei dieser Pumpenbauart, daß bei einer Erhöhung der Drehzahl der erreichbare Enddruck zunächst zunimmt, dann aber einen Minimalwert erreicht und anschließend bei weiterer Zunahme der Drehzahl wieder abnimmt. Das Endvakuum nimmt also überraschenderweise nicht kontinuierlich zu, sondern geht bei vergleichsweise niedrigerer Drehzahl durch ein Minimum, bei dem ein bestes Endvakuum erreicht wird. Die Ursache liegt i. d. R. in zu schlechten Füllgraden der Pumpe, bedingt durch verhältnismäßig kleine Einström- und Ventilkanaile, die aus Gründen des Totvolumens nicht beliebig groß gemacht werden können, durch die Ventilkinetik und interne Rückströmung zwischen Ein- und Auslaßventilen.

Für die Anwendungen von Membran- oder Kolbenpumpen als ölfreie Vorpumpen für Turbomolekularpumpen mit Molekularstufe (sogenannte Weitbereich-/Wide-range-turbo oder Turbo-Drage-Pumpen) ist das erreichbare Endvakuum der Vorpumpe von entscheidender Bedeutung für das erreichbare Endvakuum des Pumpstandes und auch für die Zusammensetzung des Restgases auf der Hochvakuumseite, die im Wesentlichen bestimmt wird durch das Verdichtungsverhältnis der Hochvakuumpumpe, hier der Weitbereich-Turbomolekularpumpe, für die verschiedenen Gasarten. Ein derartiges System und die Voraussetzungen an die Vorpumpen sind in der DE 43 31 589 A1 beschrieben. In der Regel ist dieses Kompressionsverhältnis für die leichten Gase, insbesondere Wasserstoff und Helium, schlechter als für die schweren Gase, wie Stickstoff und Sauerstoff, und man findet daher i. d. R. im Hochvakuum eine Anreicherung des Wasserstoffes, die meist unerwünscht ist.

Besonders für Anwendungen im Ultrahochvakuumbereich ( $< 1 \times 10^{-5}$  Pa) wird es daher wünschenswert sein, eine Membranpumpe mit möglichst niedrigem Enddruck zu verwenden, um sowohl möglichst niedrige Enddrücke auf der Rezipientenseite als auch ein möglichst günstiges Restgaspektrum im Rezipienten zu erreichen. Abb. 1 zeigt eine typische Anordnung eines derartigen Vakuumsystems: Die Kombination aus einer Weitbereich-Turbomolekularpumpe (2) und einer Membran- oder Kolbenpumpe als Vorpumpe (3) evakuiert direkt einen Rezipienten (1) auf Hochvakuum, d. h. auf Enddrücke im Bereich von  $< 10^{-2}$  Pa. Das Hochvakuum wird durch das Meßgerät (4) gemessen. Das Restgaspektrum kann durch ein Restgasanalysator (5) analysiert werden. In vielen Fällen wird man von diesem Pumpstand

auch ein hohes Saugvermögen verlangen, d. h. einen hohen Gasdurchsatz, z. B. wenn im Rezipienten aufgrund des Prozesses Gasmengen anfallen oder dieser Rezipient eine Schleuse oder ein System ist, das von Atmosphärendruck auf Hochvakuum abgepumpt werden soll.

Es sind drehstrombetriebene Membranpumpen bekannt ("Vakuum variabel"; Prospekt der Fa. VACUUBRAND GMBH + CO Nr. 99 61 18 von 4/97), die in einem weiten Drehzahlbereich durch einen Frequenzgenerator drehzahlgesteuert werden, wobei üblicherweise für die Wahl der Drehzahl ein Drucksignal verwendet wird. Der Drehfeldgenerator wird derart angesteuert, daß der Drehstrommotor der Pumpe mit unterschiedlichen Betriebsfrequenzen versorgt wird. Dadurch kann die Membran- oder Kolbenpumpe mit Drehzahlen, die einerseits deutlich über denen eines normalen vierpoligen 50 Hz-Motors (Nennzahl 1.500 U/min.) liegen, betrieben werden, und andererseits in Abhängigkeit eines vorgewählten Druckwertes oder eines anderen Prozeßparameters die Drehzahl der Membran- oder Kolbenpumpe praktisch bis auf Null reduziert werden. Derartige drehzahlgesteuerte Membranpumpen werden z. B. für die Konstanzhaltung eines vorgegebenen Prozeßdruckes in der chemischen Verfahrenstechnik, z. B. der Destillation oder Trocknung, verwendet. Der Vorteil von Membranpumpen ist dabei, daß sie praktisch bis auf Drehzahl 0 abgeregelt werden können, ohne daß die Funktion völlig zusammenbricht. Dies ist z. B. nicht der Fall bei ölgedichteten Drehschieberpumpen, die maximal von einer Nennfrequenz von 1.500 U/min. nur auf ca. 300 U/min. abgesenkt werden können, oder bei Turbomolekularpumpen. Deren Betriebsfrequenz kann nur um einen bestimmten Betrag abgesenkt werden; darunter bricht die Pumpfunktion völlig zusammen. Bei Membranpumpen ergibt sich dadurch der Vorteil, daß sie mit einer Drehzahlregelung einerseits hervorragend als Regelsysteme geeignet sind, auf der anderen Seite sowohl die Lebensdauer der Verschleißteile, die im wesentlichen proportional der Zahl der Umdrehungen ist, heraufgesetzt, wie auch die Geräuschentwicklung und die Vibrationen wesentlich reduziert werden.

Die Nachteile der üblichen Vorpumpen (auch Membranpumpen) bestehen darin, daß diese bei fester Drehzahl arbeiten (üblicherweise nominell bei 750, 1.500 oder 3.000 min.<sup>-1</sup>), die i. d. R. möglichst hoch gewählt wird, um bei kleiner Baugröße ein möglichst großes effektives Saugvermögen zu bieten.

Die bekannten drehzahlgeregelten Vorpumpen variieren die Drehzahl üblicherweise nur etwa um den Faktor 2 bis 3, d. h. sie senken die Drehzahl bzw. die damit verbundene Schöpfraumvergrößerung gar nicht so weit ab, daß der Effekt der Enddruckverbesserung auftritt.

Auch seit neuestem auf dem Markt befindliche Membranpumpen ("Vakuum variabel"; Prospekt der Fa. VACUUBRAND GMBH + CO Nr. 99 61 18 von 4/97) haben den Nachteil, daß sie nur auf einen fest vorgegebenen Vakuumwert regeln und diesen konstant halten. Dabei senken sie bei geringem Gasanfall, wie er in einer Hoch- oder Ultrahochvakuumanlage im Bereich des Hoch- oder Ultrahochvakuums auftritt, die Drehzahl auf nahezu Null ab. Auch sie arbeiten daher nicht bei der für ein möglichst niedriges Endvakuum optimalen Drehzahl.

Aus der DE 38 28 608 A1 ist es bekannt, die Drehzahl einer Kolbenpumpe unter Verwendung eines Frequenzwandlers so zu regeln, daß ein vorgegebener, mit einem Druckmeßorgan gemessener Vakuumdruck konstant gehalten wird.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Membran- oder Kolbenpumpe zu schaffen, die sowohl über ein möglichst hohes Saugvermögen verfügt, das sich dem

jeweiligen Gasanfall anpassen kann, als auch im Endvakuumbereich, d. h. im Bereich verhältnismäßig kleiner Gasfördermengen, ein möglichst niedriges Endvakuum (Enddruck) aufweist, um so ein möglichst niedriges Endvakuum auf der Hochvakuumseite des Pumpstandes mit einer möglichst günstigen Restgaszusammensetzung herzustellen.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß eine Membran- oder Kolbenpumpe mit einer Drehzahlsteuerung mit einer Einrichtung versehen wird, die unabhängig von den von außen vorgegebenen Parametern, wie einzustellender Prozeßdruck oder Gasdurchsatz, im Bereich des Enddrucks im Rezipienten die Drehzahl der Membran- oder Kolbenpumpe derart ermittelt und einstellt, daß ein möglichst niedriger Vorvakuumdruck zwischen Hochvakuumpumpe und Membran- oder Kolbenpumpe erreicht wird.

Die Erfindung besteht nun darin, das an derartigen Pumpen (6) vorhandene Meßgerät (7) mit einer Regeleinrichtung (8) zu versehen, die dann in Betrieb tritt, wenn der Druck einen vorgegebenen Wert unterschreitet. Diese Regeleinrichtung variiert dann selbständig die Drehzahl und das jeweils bei einer bestimmten Drehzahl gefundene Endvakuum wird in einem Speicher (9) gespeichert. Mittels eines mechanischen oder elektronischen Regelvorganges wird das Minimum des Endvakuum und die dazugehörige Drehzahl ermittelt und die Pumpe stellt sich selbständig auf diesen Wert ein. Das Verfahren kann in bestimmten vorgegebenen Abständen wiederholt werden. Die Drehzahlregelung der Membran- oder Kolbenpumpe kann dabei entweder durch z. B. unterdruckgesteuerte Keilriemenübersetzungen mit variablem Keilriemenscheibendurchmesser oder vollelektronisch umgesetzt werden.

**Abb. 2** zeigt eine entsprechende Anordnung.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, daß mit einer ölfreien Membran- oder Kolbenpumpe ein Endvakuum erreicht wird, das etwa bei einem Zehntel des Endvakuum liegt, das bei Pumpen im Betrieb mit nomineller Drehzahl erreicht werden kann. Damit kommt die Membranpumpe im Enddruckverhalten näher an die ölgedichteten und daher nachteiligen Drehschieberpumpen heran und vor allem in Kombination mit einer Turbomolekularpumpe können große Vorteile im Enddruckbereich auf der Hochvakuumseite erreicht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Ansaugdrucks einer Membran- oder Kolbenpumpe oder kombinierten Membran-/Kolbenpumpe mit einem drehzahlvariablen Antrieb, dessen Drehzahl in Abhängigkeit vom Ansaugdruck oder in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Steuersignal geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß unterhalb eines vorgegebenen Ansaugdrucks oder Steuersignals die Drehzahl des Antriebs selbständig variiert wird, die Druck- bzw. Steuersignal- und Drehzahl-Wertepaare in diesem Bereich gemessen und gespeichert werden und hieraus ein Minimalwert des Ansaugdruckes ermittelt wird, bei dem das niedrigste Endvakuum erreicht wird, und daß die Drehzahl des Antriebs auf die zugehörige optimale Drehzahl eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der drehzahlvariable Antrieb ein durch Polzahlumschaltung drehzahlgesteuerter Elektromotor ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der drehzahlvariable Antrieb ein Elektromotor ist, und daß die Frequenz des Motordrehfelds elektronisch variiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß der drehzahlvariable Antrieb ein Gleichstrommotor ist, dessen Drehzahl durch Änderung der Eingangsspannung variiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Ansaugdruck (Vakuum) elektronisch gemessen wird.

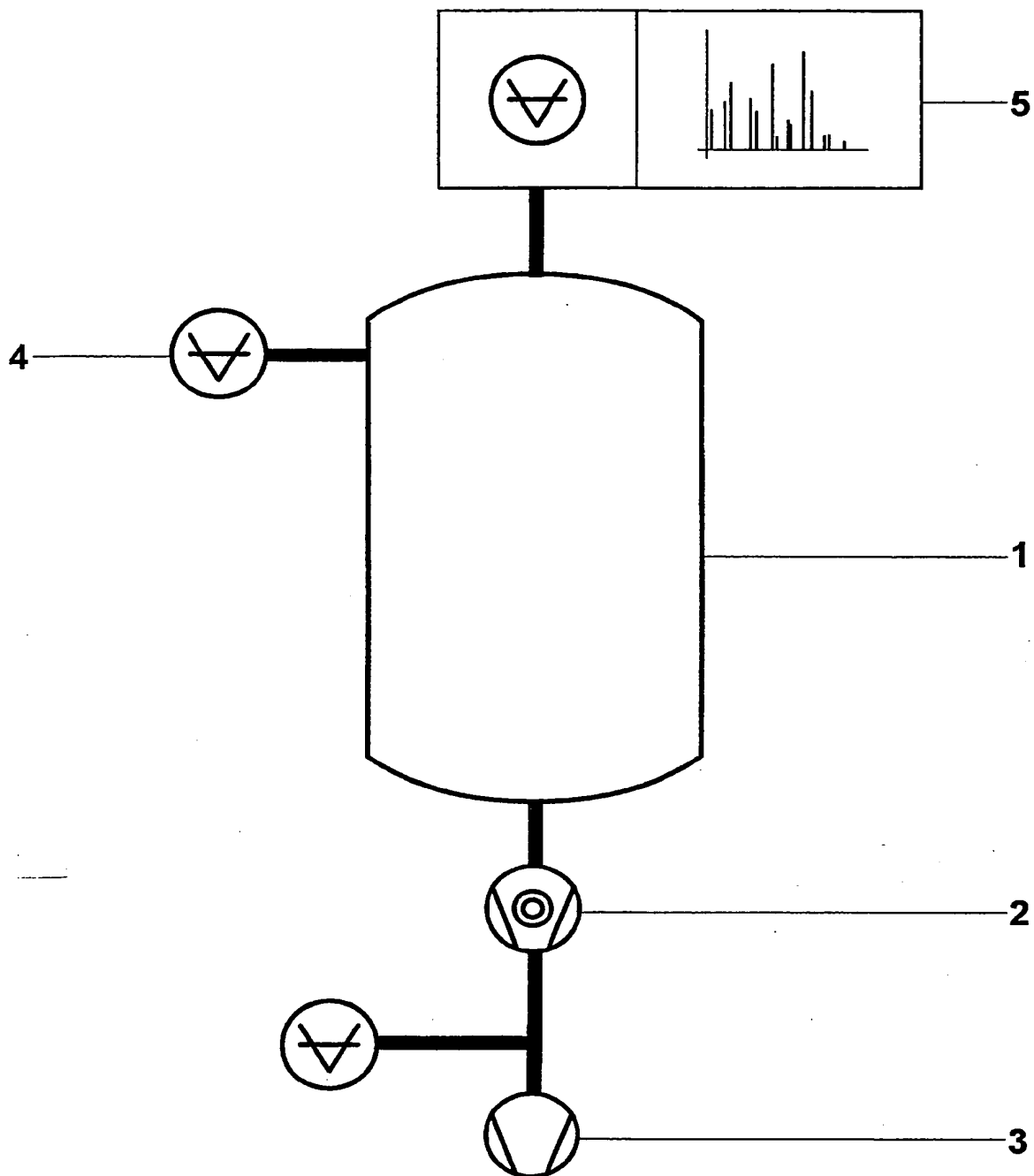
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl der Pumpe bei Erreichen eines vorgegebenen Werts des Ansaugdrucks oder Steuersignals auf eine vorgegebene Drehzahl springt, die höchstens die Hälfte der nominellen Drehzahl beträgt und diese Drehzahl beibehält, wenn der gemessene Ansaugdruck bzw. das Steuersignal unter dem vorgegebenen Wert liegt.

7. Membran- oder Kolbenpumpe oder kombinierte Membran-/Kolbenpumpe zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der drehzahlvariable Antrieb von einem Mikroprozessor gesteuert wird, der in der Pumpe integriert ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Es wird zur Steuerung kein variables Bauteil 36 benötigt, es geht auch mit einem schnellen Erreichen des Enddruckes, sondern nur um einen möglichst niedrigen Enddruck.

- Leerseite -



**Abb. 1**

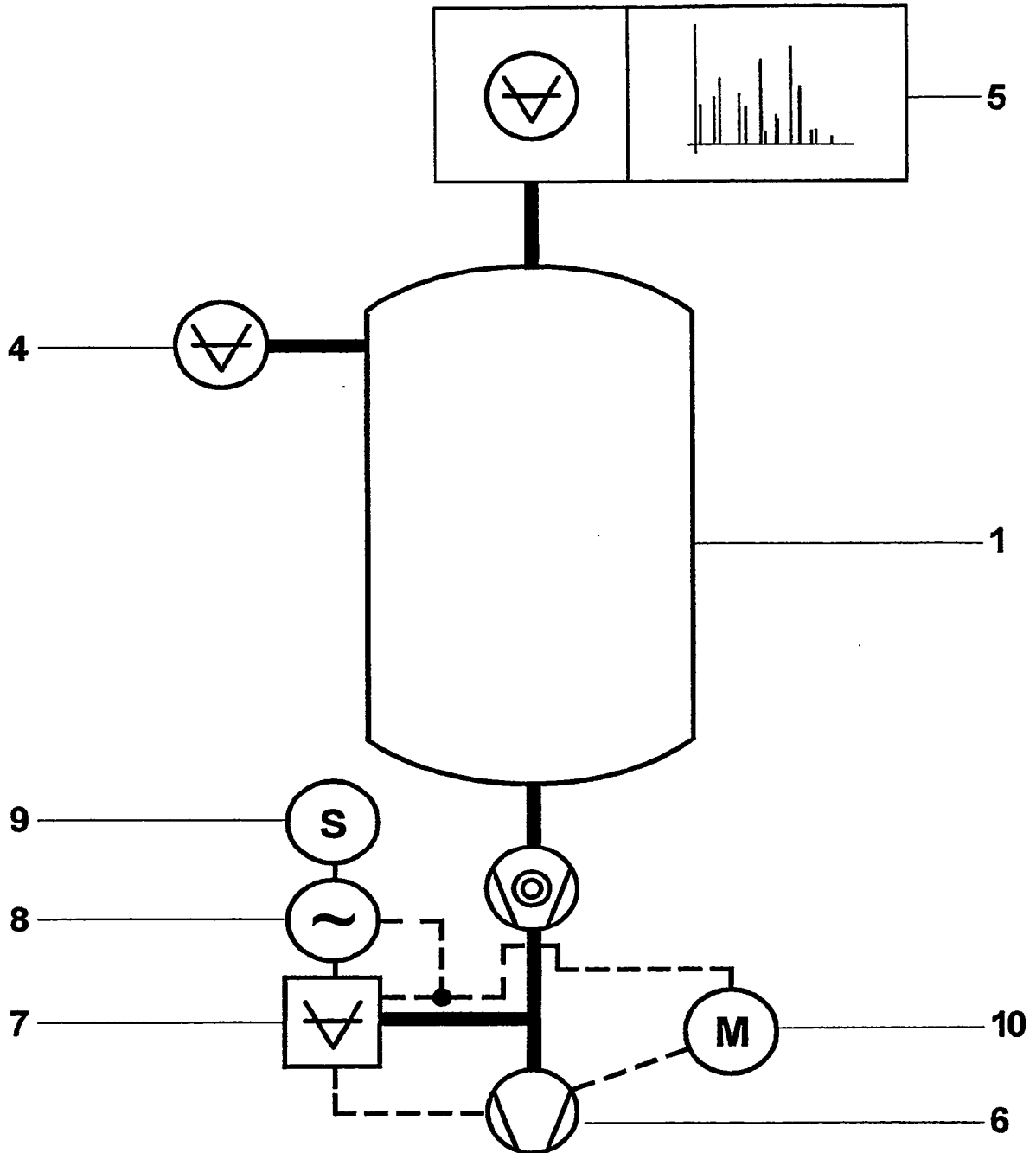


Abb. 2